



Haliotis, 12, 1982

p. 71 à 90

CROISSANCE ET MORTALITE NATURELLE DES TROCAS  
(*Trochus niloticus* L.) DE NOUVELLE CALEDONIE  
(Mollusca, Gastropoda)

par

William BOUR\*, Francis GOHIN\*, et Philippe BOUCHET\*\*

\* Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer  
B.P. A5, Nouméa (Nouvelle Calédonie)

\*\* Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris  
Laboratoire de Malacologie, 55 rue Buffon 75005-Paris

ABSTRACT: GROWTH AND NATURAL MORTALITY OF THE NEW CALEDONIAN *Trochus niloticus*

Trochus from New Caledonia are fished and exported for the mother of pearl market. These gastropods live in shallow water, on coral reefs. Growth rate was estimated using tagging and recapture method in six different locations. Von Bertalanffy growth curve's parameters  $K$  and  $L_{\infty}$  were estimated for each station. In order to compare their growth rates, it was found that a common  $L_{\infty}$  value can be selected. Therefore, only  $K$  values can be used to compare the growth rates between stations.

The mean growth curve, calculated for New Caledonia, is described by the following values :  $K = .19$  and  $L_{\infty} = 13.3$  cm. The resulting size/age relation is in accordance with those described by different authors, despite the variability underlined above and the geographical distribution of the different experiments.

Dead tagged trochus shells found during the experiment, allowed to calculate a rough estimation of trochus natural mortality. Mathematical model used gave a mean value of  $m$  equal to 0.078.

The estimation of the former parameters and the use of different possible fishing mortalities allowed to develop a yield per recruit model which takes into account the relationship between size and price. According to this model, optimal economic yield per recruit

coquilles de trocas reste soutenue et cette activité se présente comme une possibilité de revenu supplémentaire appréciable pour beaucoup d'habitants du littoral. Dans la perspective de mesures de protection à prendre dans le futur, c'est en premier lieu sur la croissance qu'ont porté les efforts de recherche.

#### 1. LA PECHE DES TROCAS EN NOUVELLE-CALEDONIE

La récolte des trocas pour l'exportation de coquilles remonte à 1907. La figure 1 montre l'aspect irrégulier de cette activité car elle apparaît comme un recours en cas de crise dans l'industrie du nickel. La dernière crise des années 70 a entraîné un niveau re-

#### 2. ESSAIS DE PROTECTION DU STOCK CALEDONIEN

GAIL soulignait déjà en 1958 que la Nouvelle-Calédonie était l'un des plus gros producteurs de trocas du Pacifique. Après l'éclipse dû au "boum minier", elle tend à dominer le marché, ainsi qu'en témoignent les chiffres du tableau 1.

Tableau 1 - Quantité de coquilles de trocas (en tonnes) exportées par différents pays du Pacifique Sud.

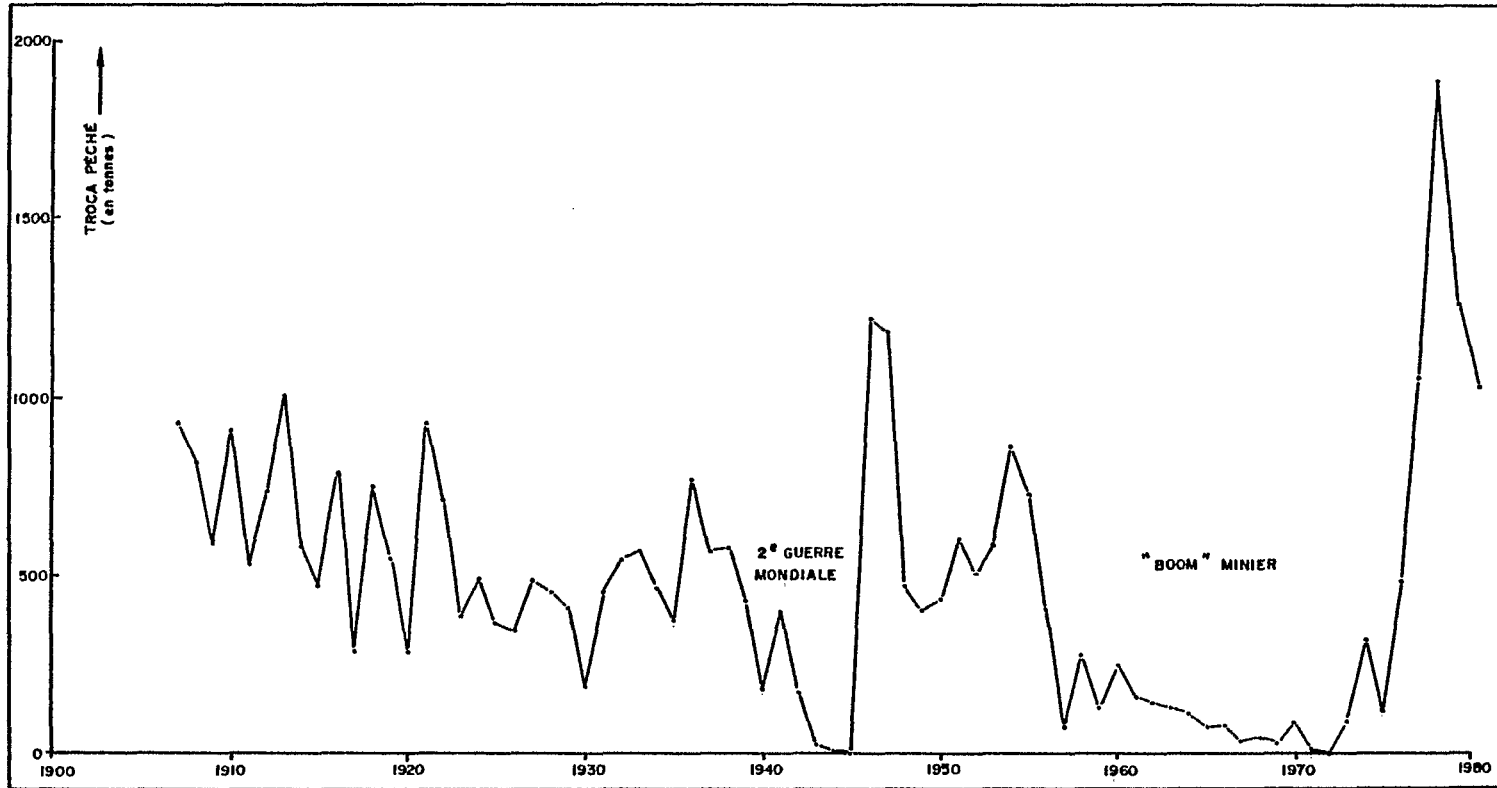


FIGURE 1 ÉVOLUTION DES QUANTITÉS ANNUELLES DE TROCAS EXPORTÉS PAR LA NOUVELLE CALÉDONIE DEPUIS 1907

res périodiques, est une méthode de choix pour des animaux faciles à recapturer et relativement sédentaires. Cette technique donne de bonnes informations sur la croissance, lorsque les taux de recaptures ne sont pas négligeables, et peut fournir, par ailleurs, quelques indications sur les déplacements des animaux.

### 3.1. Opérations de marquage

La technique utilisée est voisine de celle décrite par GAIL (1958) qui, après divers essais, a retenu le marquage des coquilles avec des rondelles colorées, fixées par un rivet sur la dernière spire.

Nous avons préféré individualiser chaque coquille par une étiquette plastique portant un numéro. La fixation est réalisée par une vis après perforation de la coquille à l'aide d'une perceuse électrique (fig.2).

Les trocas supportent très bien l'exondation pendant quelques heures ce qui permet d'effectuer les opérations de marquage à terre ou sur le pont d'un bateau. Le diamètre maximum à la base de la coquille est noté pour chaque troca, avant sa remise en liberté.

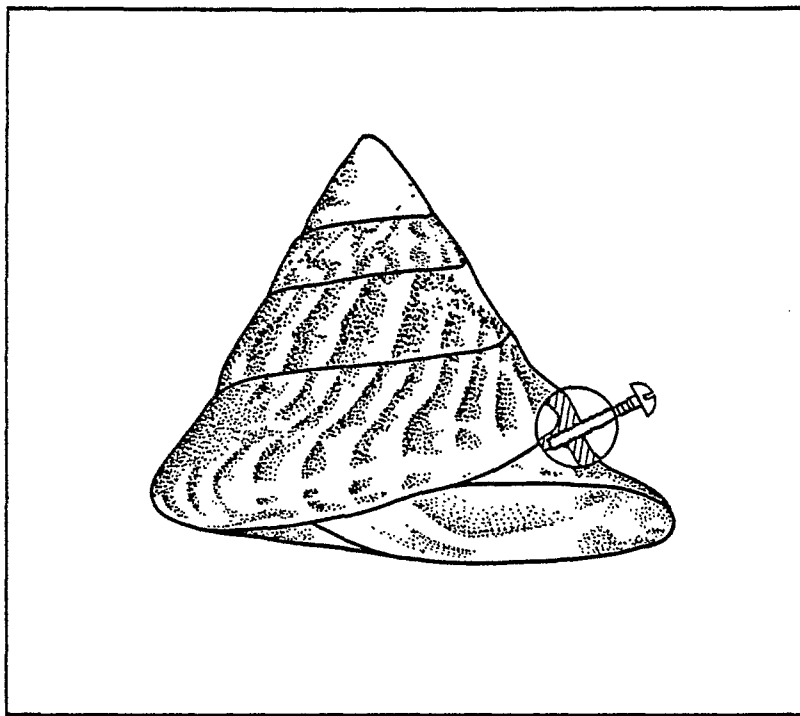


FIGURE 2 POSITION DE LA VIS EN TEFLON, ADOPTÉE POUR LIMITER LA PERTURBATION DE LA CROISSANCE, DUE AU MARQUAGE

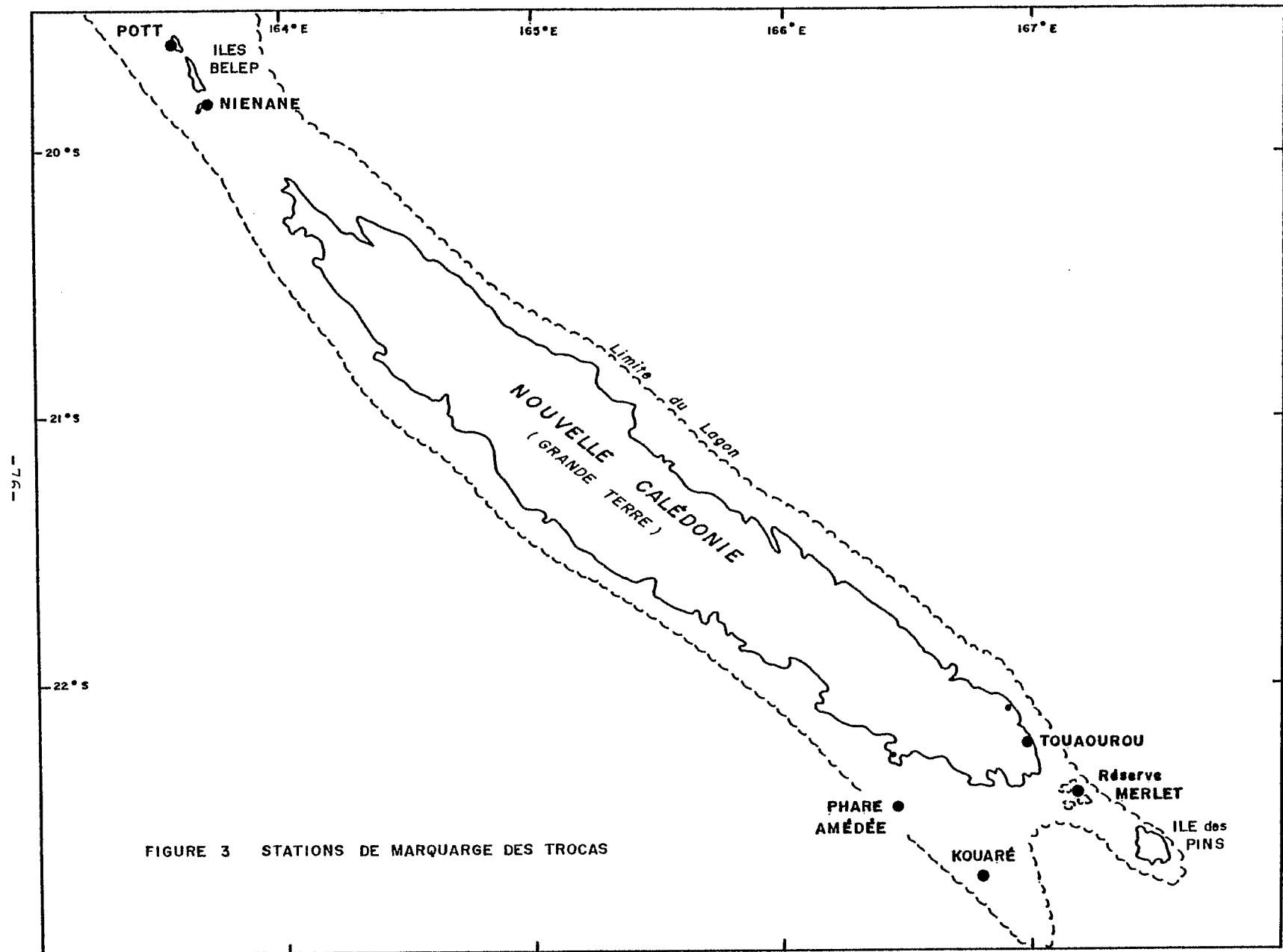
### 3.2. Stations de marquage et données statistiques des recaptures

Les marquages ont pu être réalisés en six stations du Territoire (fig.3). Le choix géographique a été commandé par les possibilités de visites périodiques et par l'absence théo-

Tableau 2 - Résumé des opérations de marquage et recaptures de trocas  
entre juin 1978 et octobre 1981.

\* Les trocas recapturés vivants sont remis en liberté après mensuration.

	ψ	Nombre trocas	ψ	Temps liberté	Nombre de Trocas recapturés *	Total trocas	Taux de
--	---	------------------	---	------------------	----------------------------------	-----------------	------------



### 3.3. Etablissement d'une courbe de croissance

Le modèle de Von Bertalanffy a été utilisé car il s'adapte généralement bien, en prenant quelques précautions, aux données de croissance observées et peut être facilement utilisé ensuite dans les modèles d'évaluation des stocks. Sans reprendre dans le détail la théorie, bien décrite dans GULLAND (1969), nous pouvons dire que l'équation de Von Bertalanffy permet d'évaluer des taux de croissance pour une tranche de vie de l'animal étudié qui nous intéresse et d'établir une relation moyenne taille/âge utile à la législation de la pêche.

L'équation générale pour une dimension linéaire  $L$  de l'animal est :

$$L = L_{\infty} (1 - e^{-K(t - t_0)})$$

Les trois paramètres à définir sont :

- a)  $L_{\infty}$  : valeur de  $L$  pour un taux de croissance nul ; en effet,  $\frac{dL}{dt} = K(L_{\infty} - L)$  est nul pour  $L = L_{\infty}$
- b)  $K$  : constante proportionnelle à la vitesse de croissance. Elle caractérise la rapidité avec laquelle l'espèce étudiée croît en taille vers sa valeur maximale.
- c)  $t_0$  : âge théorique pour lequel  $L = 0$ .

$t_0$  ne peut être évalué qu'en connaissant une date approximative de la naissance, donc en ayant une idée sur la période de ponte. Ce n'est pas notre cas, nous aurons donc pour la courbe de croissance une échelle d'âges relatifs dont l'origine est inconnue. Néanmoins, les pontes obtenues par HESLINGA (1979) dans des conditions artificielles, et suivies jusqu'à l'âge de 4 mois, donnent une relation taille/âge absolue permettant de calculer  $t_0$  ; les trocas âgés de 4 mois mesuraient en moyenne 7,8 mm de diamètre ; en admettant que le modèle de Von Bertalanffy s'applique aux jeunes âges, nous obtenons  $t_0 = 0,05$  an, environ 18 jours. L'erreur sur l'âge ne doit donc pas dépasser quelques semaines en fixant arbitrairement  $t_0 = 0$ .

#### 3.3.1. Estimation de $L_{\infty}$ et $K$

Chaque opération de marquage a fourni un fichier rendant compte de la croissance observée du diamètre maximum des coquilles, pour la ou les recaptures effectuées à chaque station.

En cas de recaptures successives, les trocas marqués ont pu être mesurés plusieurs fois car ils étaient remis en liberté après mensuration. Afin d'éliminer au maximum l'effet du traumatisme du marquage, les calculs ont pris en compte, au-delà de la première recapture, la taille mesurée lors de la recapture précédente et la durée de liberté correspondante plutôt que la croissance cumulée depuis le marquage.

Pour les coquilles âgées, nous avons parfois enregistré des croissances négatives ; la tentation est forte d'éliminer de telles données mais ce serait alors privilégier les erreurs de lecture par excès, donc d'augmenter artificiellement le rythme de croissance.

### 3.3.2. Résultats obtenus

La méthode de TOMLINSON a été appliquée aux données de chaque station de marquage, puis aux données regroupées. Le tableau 3 présente les couples (J, K) obtenus dans chaque



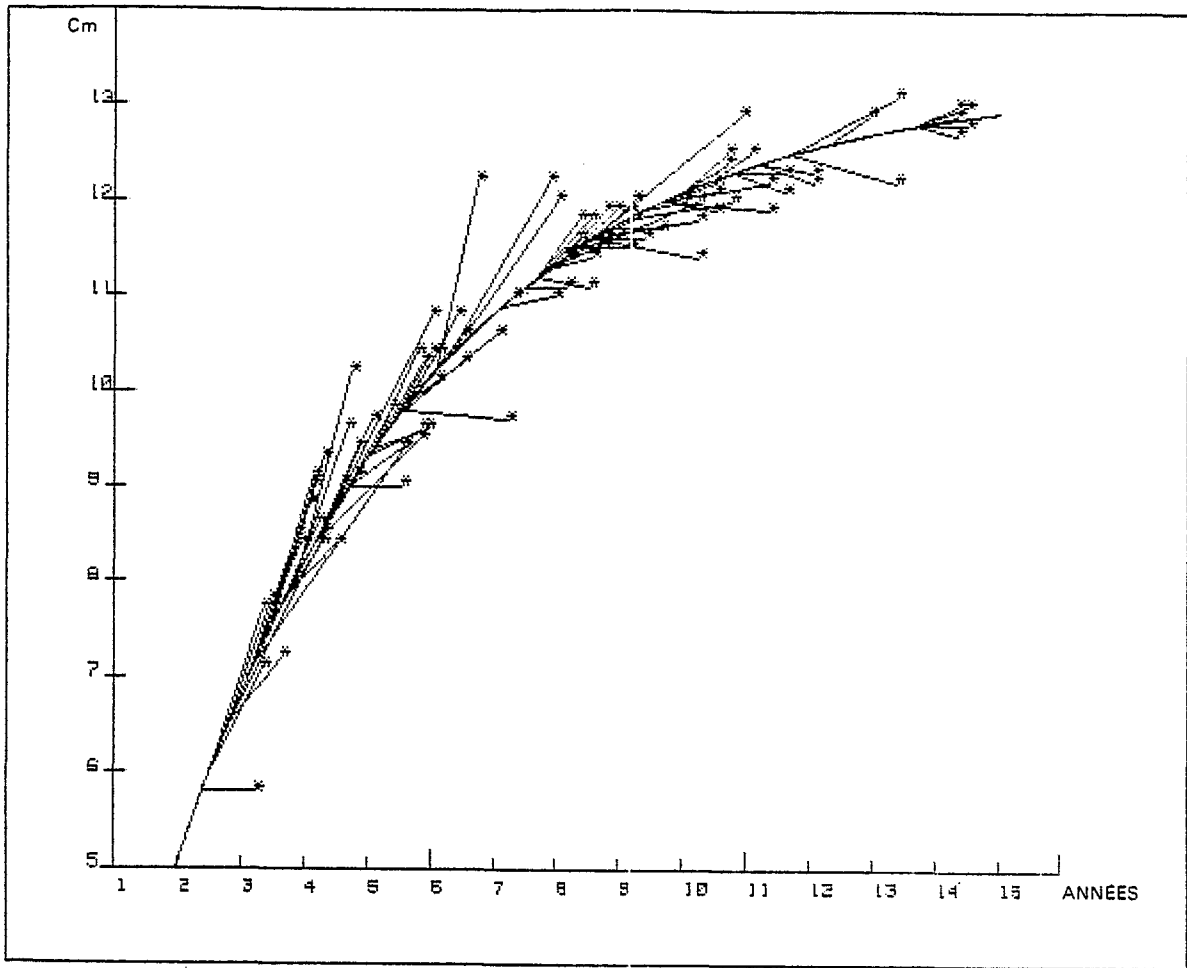


Figure 4 - Taux de croissance observés et courbe de croissance calculée pour la Station MERLET.

2°/ Les comparaisons entre stations devraient se faire en comparant les croissances dans des intervalles identiques de tailles observées et sans hypothèse sur les paramètres. Hélas ! en raison du nombre réduit des marquages à chaque station, les classes de tailles observées se recouvrent peu ; il est donc nécessaire de créer un modèle qui permette d'extrapoler en dehors de l'intervalle d'observation, pour comparer les stations entre elles.

$L_{\infty}$  étant fixé à 13,30, le paramètre K a été calculé pour les stations typiques d'un site déterminé. La méthode "Jackknife" (MILLER, 1974) permet de donner à K un intervalle de confiance qui, bien qu'approximatif, donne un ordre de grandeur du véritable intervalle de confiance (tableau 4).

Tableau 4 - Comparaison du paramètre K pour différents sites

Stations	Nature du site	K (int.conf. à 95 %)
Touaourou	Platier Récif frangeant	0,28 ± 0,04
Phare Amédée	Cuvettes récifales Récif frangeant	0,15 ± 0,03
Merlet	Cuvettes récifales Récif du large	0,24 ± 0,04
Kouaré	Dalles récifales Récif frangeant	0,15 ± 0,03
Niénane	Rochers non coralliens	0,10 ± 0,02

En première approximation, la croissance des trocas a été plus rapide à Touaourou et Merlet qu'au Phare Amédée, à Kouaré et Pott. Elle semble particulièrement lente à Niénane.

Les sites ont été effectués. Les données ne sont pas caractéristiques de la

Nous pouvons ainsi établir un tableau taille/âge et le comparer à ceux décrits par d'autres auteurs (Tableau 5).

Tableau 5 - Accroissements annuels du diamètre des coquilles de trocas obtenus par différents auteurs.

AGE Relatif (ans)	GRAND DIAMETRE (cm)				
	MOORHOUSE 1932 Gde. Barrière	RAO 1936 Iles Andaman	ASANO 1940 Ile Palau	GAIL 1958 Nlle. Calédonie	BOUR et al. 1982 Nlle. Calédonie
t	2,5 à 3			3,5	3,5

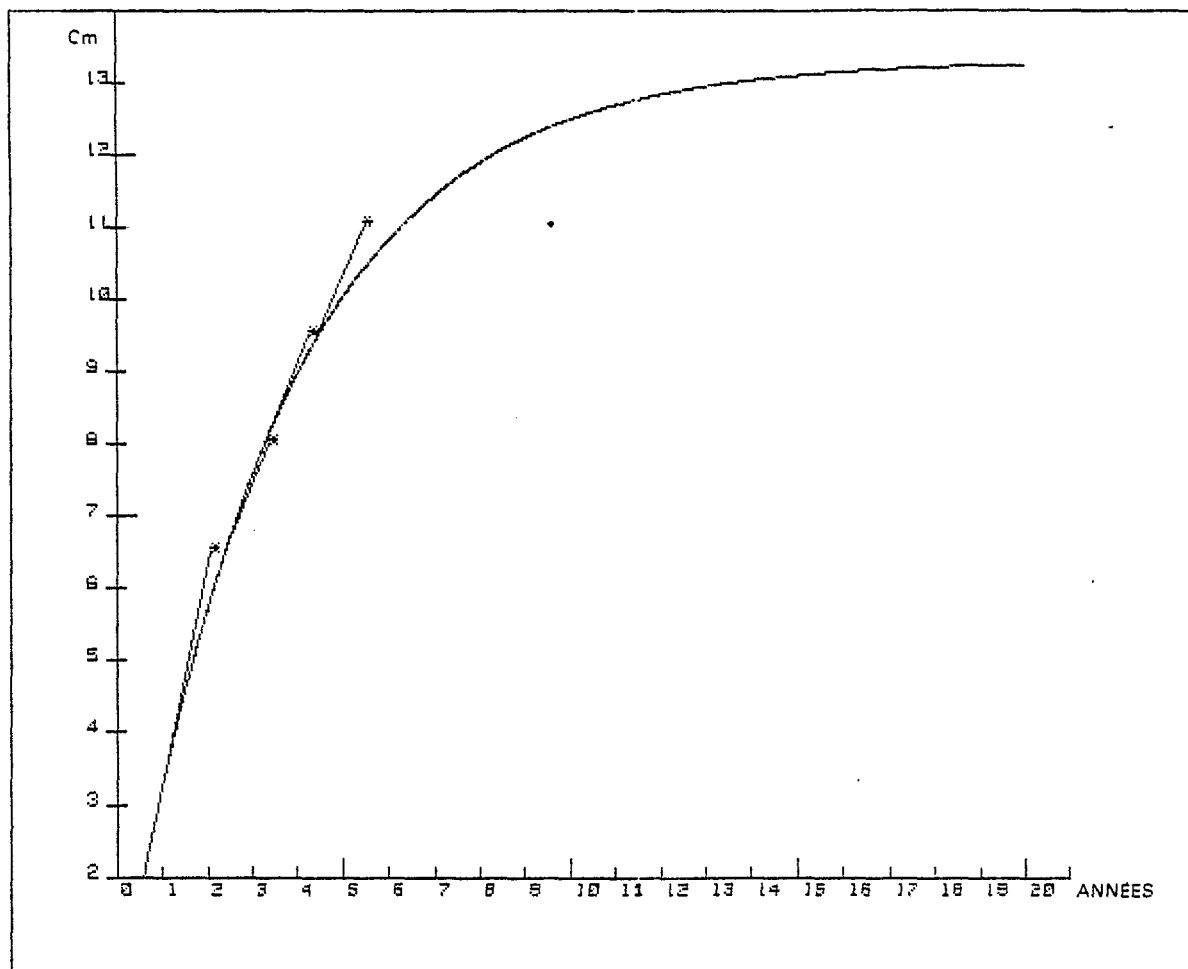


Figure 5 - Taux de croissance observés par GAIL (1958) comparés à la courbe de croissance calculées pour TOUAOUROU.

#### 4.1. Présentation du modèle

On considérera dans la présentation du modèle trois pêches de recapture sur un échantillon de  $N$  trocas marqués.

##### a) Les paramètres de mortalités et de migration

- $m$  : taux de mortalité naturelle, supposé indépendant de l'âge du troca.
- $F$  : taux de "disparition" du secteur de marquage. Il comprend la mortalité par pêche, la migration hors de la zone prospectée, la dissimulation totale (c'est-à-dire le fait pour l'animal de se cacher de façon si efficace qu'il ne pourra plus jamais être vu), la perte de marque.

Ainsi sachant que le troca est vivant dans la station de marquage à l'instant  $t_0$ , 3 événements sont possibles à l'instant  $t$ .

1) Le troca est vivant et sur le lieu de marquage

$X(t - t_0) = \exp(- (F + m) (t - t_0))$  est la probabilité de cet évènement.

2) Le troca est mort de mort naturelle (et par hypothèse resté sur les lieux de marquage)

$$M(t - t_0) = \frac{m}{m + F} (1 - \exp(- (F + m) (t - t_0)))$$

3) Le troca a disparu

$$F(t - t_0) = \frac{F}{m + F} (1 - \exp(- (F + m) (t - t_0)))$$

b) Les paramètres de recapture

Certains trocas ne sont pas vus lors de la première pêche de recapture mais lors de la seconde ou la troisième. On déduit de cela de précieux renseignements sur les taux de recapture  $p_1, p_2, p_3$ .

c) Les différents cas possibles lors des pêches de recapture

Les 3 états suivants sont possibles

2 = le troca est vu vivant

1 = le trocas est vu mort

0 = le trocas n'est pas vu

On notera (I,J,K) les 3 états successifs d'un animal lorsqu'il y a eu 3 pêches de recapture.

$T_1, T_2, T_3$  sont les temps écoulés en mois entre le marquage et la première pêche, la première pêche et la seconde, la seconde et la troisième.

#### 4.2. Méthode d'estimation des paramètres

L'échantillon de N trocas suivra une loi multinomiale de probabilités  $p(1), \dots, p(12)$ .

Si  $n(i)$  est le nombre de trocas dans le cas  $i$ , on a :

$$P(n(1), \dots, n(12) / p_1, p_2, p_3, m, f) = \frac{\pi p(i)^{n(i)} \times N!}{n(1)! \dots n(12)!}$$

On cherchera les valeurs  $(p_{o1}, p_{o2}, p_{o3}, m_o, f_o)$  maximisant la valeur  $P(n(1), \dots, n(12) / p_1, p_2, p_3, m, f)$ .

Ces valeurs seront celles de l'estimateur  $\chi_o$  du maximum de vraisemblance. Cet estimateur a été obtenu en utilisant la méthode de Newton. La convergence vers l'extremum est effectuée par itération  $\chi_{n+1} = \chi_n - (H(\chi_n))^{-1} G(\chi_n)$  où  $\chi_n$  est l'estimateur au  $n^{\text{ième}}$  pas de l'itération,  $G(\chi_n)$  le gradient en  $\chi_n$  et  $H(\chi_n)$  la matrice des dérivées partielles du second ordre.

#### 4.3. Résultats

Après avoir calculé  $\chi_o$ , on a comparé les résultats observés (c'est-à-dire le nombre de trocas observés correspondant à chaque cas possible) aux valeurs moyennes prédites à

Tableau 6

	MERLET		TOUAOUROU		KOUARE	
	Nombre de trocas marqués	35		92		141
Nombre de trocas vus au moins une fois.	24		20		36	
Intervalle de temps en mois : T1 ; T2.	7,7 ; 20		2 ; 2,3		10,6 ; 10	
Nombre de trocas dans les différents cas :	Prédits	Réels	Prédits	Réels	Prédits	Réels
2,0	7.9	7	7.7	8	31.3	31
0,0	10.4	11	72.2	72	104.9	105
2,2	9.3	9	3.0	3	1.5	2
1	.8	2	.2	0	2.8	3
0,2	4.3	5	8.2	8	.3	0
2,1	1.3	1	.1	0	.1	0
0,1	1.0	0	.7	1	.1	0
Paramètres						
P1		.68		.27		.85
P2		.97		.72		.16
m		.0050		.0070		.0039
f		.028		.407		.118

Notation :

2 : le troca est vu vivant

1 : le troca est vu mort et retiré de la station

0 : le troca n'est pas vu

N.B. : Le point décimal "anglo-saxon" (Ex : .028) a été utilisé pour éviter les confusions avec la description des cas possibles (Ex : 2,0,1).

Tableau 7

(1) en plaçant ceux qui ont été retrouvés sans étiquette dans des cas estimés.

(2) en considérant non vus ceux qui ont perdu leur étiquette.

	MERLET			PHARE AMEEDÉ 1		PHARE AMEEDÉ 2	
	Nombre de trocas marqués	122			107		96
Nombre de trocas vu au moins une fois.	63			61		58	
Intervalles de temps en mois : T1 ; T2 ; T3.	10; 7,7;20			5;3;7		6;3;4	
Nombre de trocas dans les différents cas	Prédits	Réels		Prédits	Réels	Prédits	Réels
		(1)	(2)				
2,0,0	27.9	33	28	20.3	22	10.2	11



proposons de développer, nous avons fixé une taille seuil (LR) à partir de laquelle le devenir des animaux sera étudié en détail. L'individu sera considéré "recruté" lorsqu'il a atteint LR (6-cv). Enquira il sera soumis à une mortalité naturelle que nous envisageons à tous ces

### 5.3. Le rendement en valeur par recrue

Si LP est la longueur à la première pêche, l'individu sera soumis à la mortalité naturelle entre les temps T (LR) et T (LP).

Le taux de survie à la taille LP sera donc :

$$N (T (LP) - T (LR)) = e^{-m(T (LP) - T (LR))}$$

On obtiendra, en fonction de la taille LP, le rendement par recrue suivant :

$$R (LP) = e^{-m(T (LP) - T (LR))} \int_{T(LP)}^{\infty} V (t) \frac{F}{m + F} N (t - T (LP)) dt$$

L'intégration a été effectuée de façon numérique sur ordinateur.

### 5.4. Résultats

La figure 6 montre, en fonction de la taille minimale LP, le rendement en valeur qu'il est possible d'obtenir lorsque F = .5 .

On s'aperçoit alors qu'il est intéressant d'augmenter LP jusqu'à 11 cm, la croissance en poids étant supérieure à la mortalité naturelle. Cependant il est certain que la demande en coquilles âgées ne serait pas suffisante et que les cours de celles-ci baisseraient. Augmenter LP de 8 cm (actuel) à 9 cm serait déjà appréciable pour le rendement.

Un autre aspect très important du passage de LP = 8 cm à LP = 9 cm est le gain réalisable en biomasse féconde. Si un animal est mature à 7 cm (environ 3 ans) il atteindra 8 cm 6 mois plus tard et 9 cm un an à un an et demi plus tard. Le temps où la ponte est possible est quasiment nul dans le premier cas alors qu'il ne l'est plus dans le second cas. D'autre part, les animaux de 9 cm émettent un nombre de gamètes bien supérieur à celui des animaux de 8 cm.

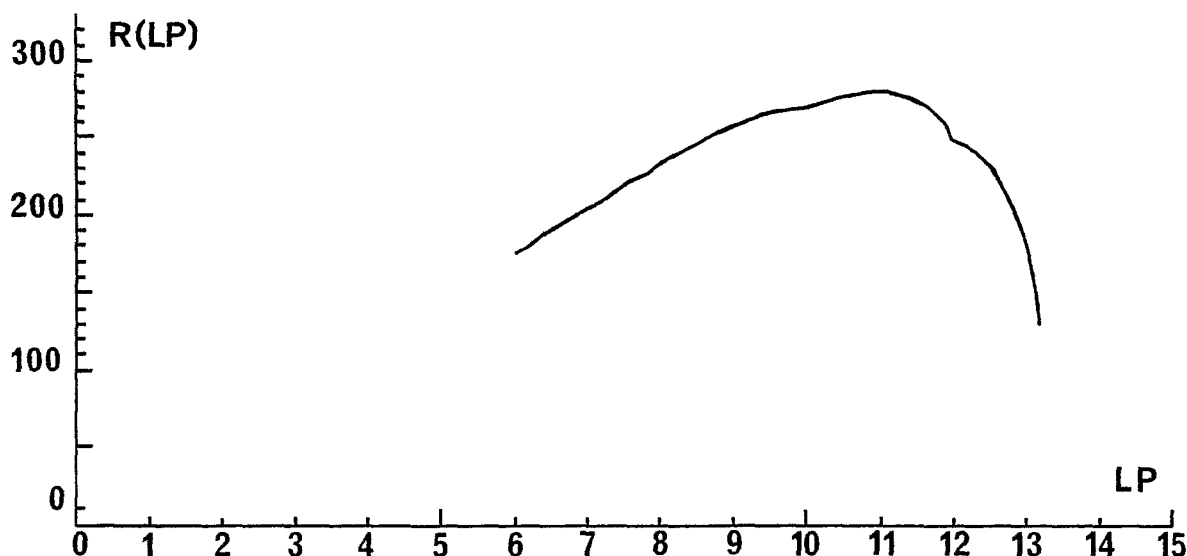


Figure 6 - Rendements en valeur par recrue en fonction de la taille à la première capture. (K = .24, m = .078, F = .5).

## CONCLUSION

La technique du marquage des coquilles s'est révélée efficace pour mesurer le rythme de croissance des trocas ; en effet, des taux de recaptures non négligeables ont pu être obtenus, même après de nombreux mois de liberté et beaucoup de coquilles ont été recapturées plusieurs fois.

La croissance des trocas semble très variable suivant les conditions de l'environnement ; nous avons mis en évidence le rôle de leur situation sur le récif mais il est vraisemblable que d'autres facteurs tels que les caractéristiques hydrologiques et l'agitation de l'eau, ont une action décisive sur le rythme de la croissance. Des travaux ultérieurs sont à envisager pour préciser ces facteurs externes mais, dans un premier temps, la croissance moyenne calculée montre un net ralentissement après 6 à 7 ans d'âge.

Le récif barrière quand il est étroit apparaît moins favorable et serait le plus vulnérable dans ce cas. Il paraît opportun, dans un premier temps, d'augmenter la taille minimale à la première capture et peut-être d'interdire momentanément la pêche. La première mesure entraînera, après un délai assez court, une augmentation des tonnages pêchés et de la biomasse féconde. La seconde mesure permettra le maintien de la population de trocas dans des zones où elles est fortement menacée. Dans un proche avenir, il n'est pas impossible d'espérer obtenir une production de juvéniles à partir d'une écloserie et de procéder au repeuplement du lagon Calédonien.

BIBLIOGRAPHIE

ANGOT (M.), 1958 - Trochus research in New Caledonia . S.Pac.Comm.Quart.Bull., 4 : 25-33

ASANO (N.), 1940 - On the growth of top shell. Journ.Fish., Tokyo, 35 (4) : 92-98

News, 20 : 9-12

DEVAMBEZ (L.), 1960-1957 - Trochus transfer to Cooks apparently successful. S.Pac.Bull., 10:31-36

GAIL (R.), 1958 - Contribution à l'étude du trocus en Nouvelle-Calédonie. Rapport O.R.S.T.O.M. Nouméa, (polycopié), 37 p.

GAIL (R.) et DEVAMBEZ (L.), 1958 - Selected annotated bibliography of trochus. S.Pac.Comm. Tech.Pap., 111, 17 p.

GULLAND (J.A.), 1969 - Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. Première partie : analyse des populations. Manuels FAO de science halieutique, 4, 160 p.

HESLINGA (G.A.), 1980 - Report on Palau's trochus hatchery projet. S.Pac.Comm.Fish.News, 20:4-8

JONES (R.), 1966 - Manuel sur les méthodes d'évaluation des stocks ichtyologiques. 4è partie. Le Marquage. FAO Fish.Techn.Pap., 51 suppl. 1, 104 p.

JOSSE (E.), LE GUEN (J.C.), KEARNEY (R.), LEWIS (A.), SMITH (A.), MAREC (L.) et TOMLINSON (P.K.), 1979 - Croissance des bonites à ventre rayé. Doc.occ.C.P.A., 11, 83 p.

LE GUEN (J.C.), 1973 - Croissance des Albacores (Thunnus albacares). Doc.Scient.CRO Abidjan, IV (5) : 1-22